

ки розроблені склади керамічних мас включають недефіцитні, широко розповсюджені та дешеві сировинні матеріали, що передбачає їх низьку собівартість, дає можливість вітчизняним виробникам такої продукції, виготовляти конкурентноздатні з зарубіжними аналогами вироби та задовольнити потреби сучасного ринку будівельних матеріалів.

**Список літератури:** 1. *Августиник А.И.* Керамика. – Л.: Стройиздат, 1975. – С. 223 – 227. 2. *Кройчук Л.А.* Новый европейский стандарт на клинкерный дорожный кирпич: По материалам журнала "Ziegelindustrie International" за 2003 г. // Строительные материалы. – 2003. – №9. – С. 42 – 43. 3. *Мороз И.И.* Технология строительной керамики. – К.: Вища школа, 1981. – 384 с. 4. *Кара-Сал Б.* Влияние окислительно-восстановительных реакций на спекание керамических масс при пониженном давлении / Строительные материалы. – 2005. – № 2. – С. 59 – 61. 5. *Коледа В.В., Шевченко Т.А., Михайлюта Е.С.* Влияние степени помола песка на свойства фарфора низкотемпературного обжига // Вопросы химии и химической технологии. Днепропетровск: „Новая идеология”. – 2006. – № 4. – С. 52 – 55. 6. *Бобкова Н.М.* Физическая химия силикатов. – Минск: Высшая школа, 1977. – 288 с.

Надійшла до редколегії 11.09.08

УДК 629.114.4

**О.В. БЕРЕЗЮК**, канд. техн. наук, ВНТУ, м. Вінниця

## **АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ВІБРАЦІЙНОГО ГІДРОПРИВОДУ ПРЕСУВАННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ**

Предложена упрощенная математическая модель вибрационного гидропривода прессования твердых бытовых отходов с использованием генератора импульсов давления. Получены аналитические зависимости частоты и амплитуды от основных параметров данного привода, необходимые для выполнения предварительных проектных расчетов его параметров.

It is offered simplified mathematical model vibratory hydraulic drive pressing the hard domestic waste with use a pulser of pressure. They are received analytical dependencies of frequency and amplitudes from the main parameters of given drive, required for performing the preliminary design calculations of its parameters.

**Постановка проблеми.** Щороку в Україні утворюється близько 35 млн. м<sup>3</sup> твердих побутових відходів (ТПВ) [1], і на їх перевезення смітте-

возами до місця утилізації при мінімальній відстані 30 км, що відповідає розмірам санітарної зони, витрачається більше 45 тис. тонн пального. Тому підвищення коефіцієнта ущільнення ТПВ для зменшення їх об'єму, а значить і витрат на пальне при їх перевезенні є актуальною науково-технічною задачею.

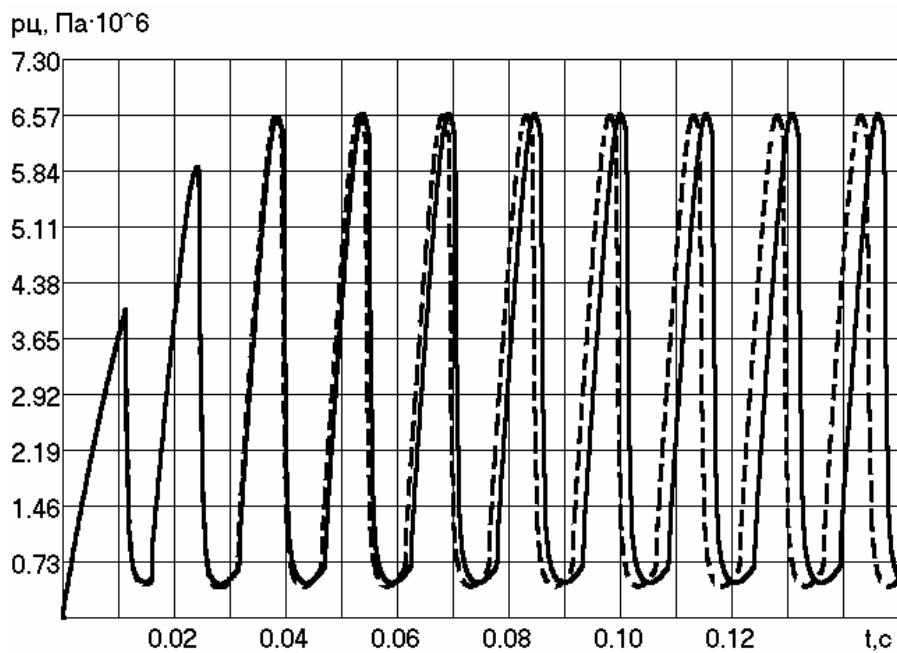
**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз сучасних конструкцій сміттєвозів показав, що ТПВ в них пресуються, в основному, за допомогою статичного способу пресування. Використання вібраційного пресування дозволяє суттєво знизити в порівняно з статичним пресуванням робоче зусилля ущільнення [2], що може бути використано і для пресування ТПВ. В роботі [3] наведено математичну модель вібраційного гідроприводу пресування ТПВ з використанням генератора імпульсів тиску диференціальної дії (ГІТДД) у вигляді суттєво нелінійної системи диференціальних рівнянь, яка не може бути розв'язана відомими аналітичними методами в допустимих межах похибки.

**Мета досліджень.** Тому доцільно проаналізувати рівняння, наведені в роботі [3], з метою їх спрощення, що дасть можливість отримати конкретні аналітичні залежності амплітуди та частоти вимушених коливань плити пресування, які можна буде використовувати при виконанні попередніх проектних розрахунків параметрів вказаного гідроприводу.

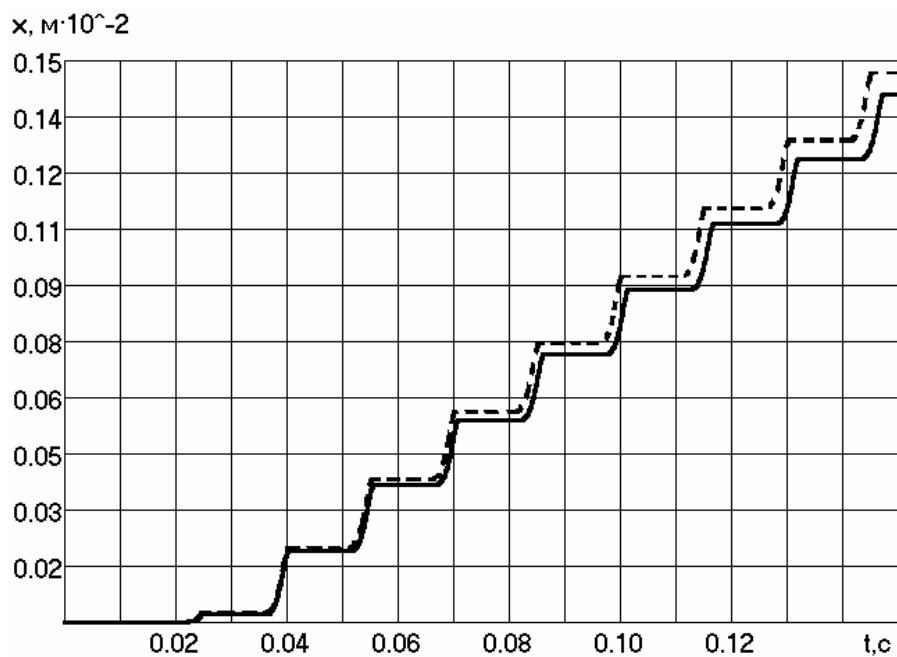
**Спрощена математична модель.** На рис. 1 представлена розрахункова схема гідроприводу при вібраційному способі пресування ТПВ з використанням ГІТДД. На схемі представлені такі основні геометричні, кінематичні та силові параметри:  $p_1$ ,  $p_2$  – тиски відповідно на виході насоса, на вході гідроциліндра;  $W_1$ ,  $W_2$  – об'єми трубопроводів між насосом та гідророзподільником, гідророзподільником та входом гідроциліндра;  $Q_H$  – фактична подача насоса;  $D$ ,  $d$  – діаметри поршня та штока;  $x$  – переміщення плити пресування;  $y$  – переміщення запірнього елемента ГІТДД;  $d_1$  – діаметр плунжера-штовхача;  $d_2$  – діаметр 1-го ступеня запірнього елемента ГІТДД;  $d_3$  – діаметр 2-го ступеня запірнього елемента ГІТДД;  $m_k$  – маса запірнього елемента;  $c$  – жорсткість пружини;  $y_0$  – попередня деформація пружини;  $h_n$  – додатне перекриття запірнього елемента,  $d_\phi$  – діаметр прохідного вікна дротеля.



Порівняння результатів, отриманих з використанням повної та спрощеної математичних моделей вібраційного гідроприводу пресування ТПВ (використано ГІТДД) показано на рис. 2.



а)



б)

Рис. 2. Порівняння повної ( ----- ) та спрощеної ( ——— ) математичних моделей вібраційного гідроприводу пресування ТПВ (використано ГІТДД):

а) зміна тиску в гідроциліндрі плити пресування;

б) переміщення плити пресування

При порівнянні результатів, зокрема ступеня ущільнення ТПВ, отриманих з використанням повної та спрощеної математичних моделей вібраційного гідроприводу пресування ТПВ (використано ГІТДД) похибка склала 7,56 %, що є прийнятним для виконання попередніх проектних розрахунків. Аналіз графіка, зображеного на рис. 2 дає підставу вважати, що час закриття запірного елемента ГІТДД малий і ним можна знехтувати. Тому робочий цикл вібраційного гідроприводу плити пресування ТПВ складається із чотирьох основних фаз:

1) підвищення тиску робочої рідини (РР) в напірній магістралі гідроциліндра, а також з'єднаних з нею порожнинах до тиску  $p_{12} = p_B^{ei\delta p}(e) S_{\Pi 1} / S_{\Pi 1}$ , при якому починається переміщення плити пресування;

2) підвищення тиску РР в напірній магістралі гідроциліндра, а також з'єднаних з нею порожнинах до тиску відкриття ГІТДД  $p_{12}=p_{кл1}$  та переміщення плити пресування;

3) відкриття запірного елемента ГІТДД до величини додатного перекриття  $y=h_n$  та переміщення плити пресування до її зупинення  $\dot{x}=0$ ;

4) відкриття запірного елемента ГІТДД до величини повного перекриття  $y=h_n+h_n$  та зменшення тиску до тиску закриття ГІТДД  $p_{12}=p_{кл2}$ .

**Аналітичні залежності частоти та амплітуди від основних параметрів вібраційного гідроприводу.** Після перетворення системи рівнянь (1 – 3) за Лапласом, використовуючи метод розкладання на простіші дроби та виключаючи незначні коефіцієнти, отримаємо вирази для знаходження тривалості  $t_i$  кожної із фаз, та переміщення  $x_i$  плити пресування під час цих фаз:

$$t_1 = \frac{KW_{12}}{s} \ln \frac{Q_H S_{\Pi 1}}{Q_H S_{\Pi 1} - p_B^{ei\delta p}(e) S_{\Pi 1} s}; \quad (4)$$

$$t_2 = \frac{\sqrt{m_p KW_{12}}}{S_{\Pi 1}} \left[ p - \arccos \left( \frac{p_{кл1} S_{\Pi 1}}{p_B^{ei\delta p}(e) S_{\Pi 1}} - 1 \right) \right]; \quad (5)$$

$$x_2 = \frac{p_B^{ei\delta p}(e) S_{\Pi 1}}{S_{\Pi 1}} \sqrt{\frac{KW_{12}}{m_p}} \cos \left( \frac{p_{кл1} S_{\Pi 1}}{p_B^{ei\delta p}(e) S_{\Pi 1}} - 1 \right); \quad (6)$$

$$t_3 = \frac{p(d_3^2 - d_1^2)[4cy_0 - p(d_3^2 - d_1^2)p_B^{ei\delta p}(e)S_{II1}] - \frac{p_B^{ei\delta p}(e)S_{II1}KW_{12}}{Q_H S_{II1}} - \frac{4m_\kappa m_p(4s + mpd_D^2 \sqrt{2/(rp_{12_{CEP}})})}{p^2(d_3^2 - d_1^2)^2 m_p + 16(m_p KW_{12} + m_\kappa S_{II1}^2)}}{16Q_H c} \quad (7)$$

$$x_3 = \frac{4m_\kappa [4Q_H S_{II1} + p_B^{ei\delta p}(e)S_{II1}(4s + mpd_D^2 \sqrt{2/(rp_{12_{CEP}})})]}{p^2(d_3^2 - d_1^2)^2 m_p + 16(m_p KW_{12} + m_\kappa S_{II1}^2)} \times \left\{ \frac{p(d_3^2 - d_1^2)[4cy_0 - p(d_3^2 - d_1^2)p_B^{ei\delta p}(e)S_{II1}] - \frac{p_B^{ei\delta p}(e)S_{II1}KW_{12}}{Q_H S_{II1}} - \frac{4m_\kappa m_p(4s + mpd_D^2 \sqrt{2/(rp_{12_{CEP}})})}{p^2(d_3^2 - d_1^2)^2 m_p + 16(m_p KW_{12} + m_\kappa S_{II1}^2)}}{16Q_H c} \right\}; \quad (8)$$

$$t_4 = \frac{KW_{12}p_{\kappa l2}r^{1,5}\sqrt{p_{12_{CEP}}}\left[p^2(d_3^2 - d_1^2)^2 + 16KW_{12}c\right]^2}{8\sqrt{2}pc d_3 m_\kappa (mh_n + y_0)(4s\sqrt{rp_{12_{CEP}}} + \sqrt{2}mpd_D^2)^2}, \quad (9)$$

де  $p_{12_{CEP}} = (p_{\kappa l1} + p_{\kappa l2})/2$  – середнє значення тиску РР в напірній магістралі гідроциліндра;  $p_{\kappa l1}$  – тиск закриття ГІТДД.

Частота та амплітуда коливань плити пресування ТПВ визначається так:

$$n = \frac{1}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}; \quad (10)$$

$$A = x_2 + x_3. \quad (11)$$

Значення частоти та амплітуди коливань, отримані за допомогою спрощеної математичної моделі співпадають з відповідними результатами повної математичної моделі [3] в межах допустимої похибки.

**Висновки.** Запропоновано спрощену математичну модель вібраційного гідроприводу пресування твердих побутових відходів з використанням генератора імпульсів тиску диференціальної дії, що дозволила отримати аналітичні залежності частоти та амплітуди від основних параметрів вказаного приводу, які можуть бути використані для виконання попередніх проектних розрахунків його параметрів.

**Список літератури:** 1. Постанова Кабінету Міністрів України від 4 березня 2004 року № 265 "Про затвердження Програми поводження з твердими побутовими відходами". 2. *Обертюх Р.Р., Іскович-Лотоцький Р.Д.* Генератори імпульсів тиску – основна ланка гідроімпульсного приводу // Вісник ВПІ. 1995. – № 1. – С. 42 – 47. 3. *Березюк О.В., Сторожук С.Б., Коц І.В.* Математичне моделювання вібраційного гідроприводу плити пресування твердих побутових відходів // Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні. – 2006. – № 40. – С. 20 – 25.

*Поступила в редколегію 11.09.08*

УДК 666.91:621.351

**В.И. ВИННИЧЕНКО**, докт. техн. наук, **В.В. КОТЛЯРЕНКО**, аспірант,  
**А.В. БАБИНЦЕВ**, аспірант, ХГТУСА

### **СКОРОСТЬ ВИТАНИЯ ЧАСТИЦ И КОЭФФИЦИЕНТ ЗАПАСА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ ГАЗОВОГО ПОТОКА В УСТАНОВКЕ ДЛЯ ДЕГИДРАТАЦИИ ГИПСА**

У статті проводиться огляд існуючих формул швидкості витання часточок матеріалу. Вказано найбільш доцільні для використання формули при дегідратації гіпсу в потоці теплоносія. Визначено коефіцієнт, який дозволяє розраховувати мінімально необхідну швидкість газового потоку для підйому і транспортування гіпсових часточок в установці для дегідратації

In article the review of existing formulas for definition of speed of sedimentation of particles of a material is spent. The most rational formulas for use are specified at dehydration of gypsum in a stream of the heat carrier. The factor is determined, allowing to calculate minimally necessary speed of a gas stream for transportations of gypsum particles in installation for dehydration

Исследователям пока еще не удалось разработать единой формулы для скорости витания частиц пыли. Сложность разработки такой формулы состо-